EFFET DE SERRE : INFORMATION ET DÉSINFORMATION. LETTRE OUVERTE AUX GENS DE BONNE VOLONTÉ

ANDRÉ BERGER

LIBRES OPINIONS

La prise de décision en univers controversé, suscite, pour les problèmes d'environnement, des discussions qui traversent largement les champs disciplinaires. Incertitude ou désinformation, ignorance ou manipulation des connaissances scientifiques par une coalition d'intérêts socio-économiques, quelle perception ont les différents acteurs de la complexité de cette interface science-décision ? *Nature-Sciences-Sociétés* ouvre ce débat, dans un champ d'analyses particulièrement riche avec les contributions d'André Berger et Jérôme R. Ravetz.

La Rédaction.

Les activités humaines polluent l'air, l'eau et les sols. En particulier, elles rejettent dans l'atmosphère une quantité importante de gaz qui participent à l'effet de serre. Les scientifiques qui consacrent leur vie à l'étude des conséquences de cette pollution globale croient que le risque que la société actuelle fait courir aux générations futures est suffisant pour justifier des actions immédiates en vue d'en atténuer les effets, une priorité étant donnée aux mesures qui, de toute façon, seraient bénéfiques pour tous les habitants de la Terre.

Nous avons un besoin urgent de chercheurs pour étudier le comportement du climat et sommes donc prêts à accueillir tous ceux qui désirent collaborer. Mais il faut pour cela qu'ils arrivent au même niveau d'argumentation que celui des experts et dès lors acceptent d'apprendre d'abord ou, tout au moins, de se renseigner auprès de ceux qui ont pris cette peine. Sinon, qu'ils aient à cœur de ne pas ajouter à la confusion de tous ceux qui n'ont pas les moyens de séparer l'argument scientifiquement établi de la critique gratuite.

LE DÉBAT

Le nombre d'articles sur l'effet de serre ne cesse de croître, qu'il s'agisse d'articles scientifiques, de vulgarisation ou de polémique. Polémique car la controverse diffusée par certains vient aussi, malheureusement, de personnes qui n'ont pas participé à l'effort de recherche que les équipes spécialisées vivent depuis plus de vingt ans. Alléchés par le succès médiatique que connaît la question ou éternellement opposés à la communauté scientifique, ils se distinguent par des déclarations foudroyantes qui sont, la plupart du temps, sans fondement scientifique, voire erronées. Mais qu'il soit clair que nous ne refusons pas le dialogue. Au contraire, les débats font partie de la recherche et sont, généralement, source de progrès, à condition bien sûr qu'ils soient placés au plus haut niveau scientifique.

Les médias et le public ont l'habitude de ne retenir que les déclarations extrêmes, partagés qu'ils sont entre les déclarations fulgurantes volontairement catastrophistes de ceux qui brandissent l'épouvantail d'un futur réchauffement aux conséquences dramatiques, telles la hausse du niveau des mers et la famine, et la passivité inquiétante de ceux qui se retranchent derrière les incertitudes scientifiques pour conserver leur monopole et leurs prérogatives et ainsi refuser d'investir dès à présent dans l'avenir pour les autres générations. Entre les deux se trouvent l'écrasante majorité des scientifiques qui, à partir de calculs répétés, pensent qu'un danger réel menace le climat de la Terre et ce, sans alarmisme, mais en termes responsables. Quand prendrons-nous la peine et le temps de les écouter et de leur consacrer le temps nécessaire à comprendre et discuter sérieusement leurs arguments ? Il n'est pas trop tard, mais il est temps.

VISIT…

LANZAROTE

Caliente.COM

VARIATIONS NATURELLES DU CLIMAT

Le climat résulte d'une interaction complexe entre de nombreuses variables : l'atmosphère, les océans, la biosphère, la glace (sur terre et sur mer) et la surface terrestre. L'origine des phénomènes climatiques remonte au rayonnement solaire, disponible en permanence sur la Terre, mais la compréhension détaillée du climat est rendue compliquée par les interactions non-linéaires entre toutes les parties. Le climat a donc, de tout temps, connu et continuera à connaître des variations naturelles (encadré 1).

La nouveauté réside dans le fait qu'il est scientifiquement prouvé que les activités anthropiques sont susceptibles de bouleverser le régime climatique naturel de la Planète.

RAPPEL DES FAITS

Les émissions d'origine humaine accroissent sensiblement la teneur de l'atmosphère en gaz à effet de serre : gaz carbonique, gaz naturel (méthane), fréons (chlorofluorocarbures – CFC) et oxyde nitreux. Par exemple, l'analyse des bulles d'air enchâssées dans les glaces de l'Antarctique et du Groenland montre sans conteste que la concentration en CO_2 est passée de 280 ppmv (parties par million en volume) au début de la révolution industrielle (fin du XVIII^e^ siècle) à 360 ppmv en 1992 : une augmentation de 25 % en deux cents ans, dont 10 % au cours des trente dernières années (figure 1). Il faut noter le caractère exponentiel de cette courbe.

En effet, sur une plus longue échelle de temps, ces mêmes analyses montrent que la concentration en CO_2 dans l'air était de 200 ppmv au dernier maximum glaciaire (une époque, il y a vingt mille ans, où le climat de la Belgique ressemblait à celui de la Sibérie actuellement). Les activités humaines avec leur rejet de 30 milliards de tonnes de CO_2 par an lié au déboisement (23 %), à la production d'électricité (23 %), au transport (22 %), à l'industrie (16 %) et aux résidences et commerce (16 %) ont donc contribué au cours des 200 dernières années à accroître le CO_2 dans

André Berger
UCL, Institut d'Astronomie et de Géophysique G. Lemaître, 2, chemin du Cyclotron, B-1348 Louvain-la-Neuve, Belgique.

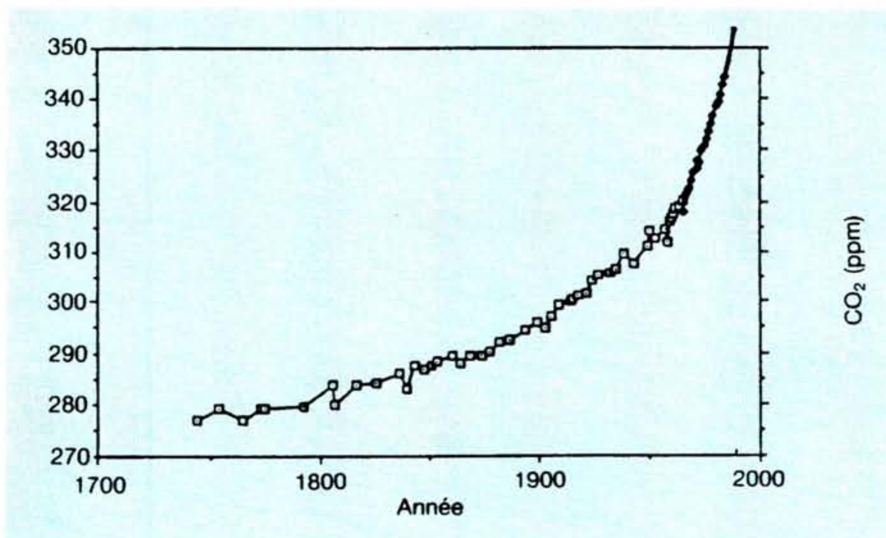


Figure 1 : **Variations du CO_2 dans l'air depuis 1744.**
De 1744 à 1965, ces variations ont été déduites de l'analyse de l'air piégé dans les glaces de la carotte prélevée au site Stiple (Antarctique) (source : Institut de Physique, Université de Berne). À partir de 1965, la teneur en CO_2 est celle mesurée en continu au site de Mauna Loa, Hawaii. L'intercomparaison de tous les types de mesures du CO_2 atmosphérique au cours des 30 dernières années montrent un excellent accord prouvant la réalité du phénomène et confirmant la réalité des mesures faites dans les glaces du passé.

CLIMAT, CO_2 ET RAYONNEMENT SOLAIRE

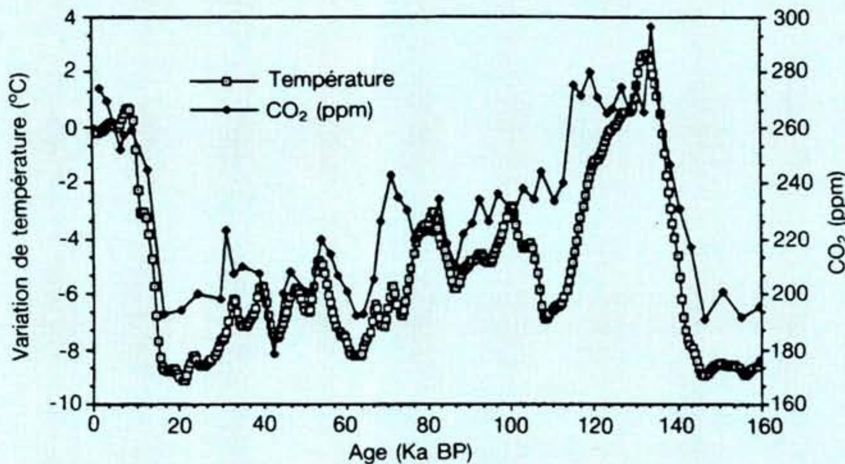


Figure a : **Variations de la température et du CO_2 au cours des 160 000 dernières années.**

Les deux courbes de la figure a représentent les variations au cours des 160 000 dernières années du contenu en CO_2 dans l'air et de la température de l'air dans la région de Vostok (Antarctique). Ces informations sont obtenues à partir de l'analyse des carottes de glace prélevées à la station soviétique de Vostok dans l'Antarctique de l'Est où on a atteint 2 546 m de profondeur permettant de remonter dans le temps jusque 200 000 ans environ (source : Laboratoire de Glaciologie et de Géophysique de l'Envi-ronnement, Université de Grenoble. La concentration en $C0_2$ provient de l'analyse chimique des bulles d'air qui sont piégées dans la glace et qui sont des témoins de l'atmosphère du passé. Les températures sont déduites des variations de la composition isotopique de l'hydrogène de la glace (figure b). Cette courbe de température de l'air est similaire à celle du volume total de glace que l'on reconstruit à partir des mesures du rapport isotopique $^{18}O/^{16}O$ effectuées dans les coquilles des foraminifères benthiques qui reposent dans le fond des océans (courbe en tireté de la figure b ; source : Laboratoire des Faibles Radioactivités de Gif-sur-Yvette).

Il y a 20 000 ans, le volume de glace sur Terre dépassait la valeur actuelle de 50 millions de km³ environ. Le nord de l'Amérique du Nord et de l'Europe du Nord était recouvert d'inlandsis dont l'épaisseur atteignait 2 à 3 km et qui s'étendaient jusque New York et le nord de l'Allemagne, notamment. Le niveau des océans était 130 m plus bas qu'actuellement. Le climat de la Belgique était sibérien et la température moyenne de l'air à la surface de la Terre à peine 5 °C inférieure à celle que nous connaissons aujourd'hui.

Ces variations à long terme ont été simulées et reproduites (voir courbe en trait plein), pour la première fois de manière fiable, à l'Institut d'astronomie et de géophysique de l'UCL en 1992. Le modèle utilisé basé sur les équations de conservation de la quantité de mouvement, de l'énergie et de la masse, tient compte des interactions complexes entre les diverses composantes du système climatique, à savoir l'atmosphère, les océans, la cryosphère et les surfaces continentales. Il a été forcé par les variations de la concentration atmosphérique en CO_2 et par les variations astronomiques de l'énergie solaire. Ces dernières ont été calculées dans les années soixante-dix à l'Institut et sont à présent utilisées par tous les laboratoires du monde qui s'occupent de ces problèmes de paléoclimats. À cette échelle du temps, les variations des éléments de l'orbite de la Terre et celles de l'énergie solaire qui s'en suivent induisent des changements de climat, lesquels perturbent les cycles bio-géochimiques, qui à leur tour modifient la concentration en CO_2 dans l'air, modifications qui, par rétroaction, amplifient alors le changement climatique initial.

Si seule l'énergie solaire reçue par la Terre continuait à varier, les prévisions à l'échelle astronomique montrent que l'on va vers un nouvel âge glaciaire à un taux de refroidissement moyen de l'ordre de 0,01 °C par siècle et ce, pour les 60 000 prochaines années. Ce type de recherche fondamentale sur le comportement passé et futur du climat intéresse, en particulier, ceux qui étudient la stabilité des sites d'entreposage des déchets provenant des centrales nucléaires.

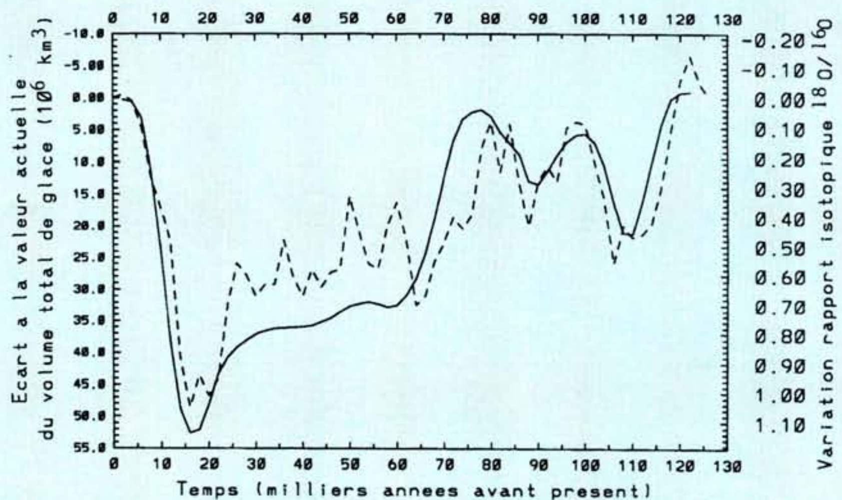


Figure b : **Variations du volume total de glace déduit des mesures de $\delta^{18}O$ dans les foraminifères benthiques (courbe en tireté) et calculé par le modèle LLN (courbe en trait plein).**

l'air à une vitesse 100 fois plus rapide que les processus naturels. Là est le véritable problème, car l'environnement n'a guère le temps de s'adapter aux agressions que nous lui faisons subir, ce qui peut conduire à une détérioration irréversible.

En vertu des lois fondamentales de la physique, l'accroissement de ces gaz dans l'air doit conduire à une intensification de l'effet de serre naturel. Rappelons l'importance de ce dernier puisque en créant une température de quelque 15 °C à la surface de la Terre, il a permis à la vie de s'installer sur notre planète (encadré 2). Il n'est pas non plus superflu de rappeler que la protection de cette vie est liée à un autre phénomène naturel dont on parle beaucoup : le filtrage des rayons ultraviolets du Soleil par la couche d'ozone stratosphérique. Autant de raisons majeures de ne pas jouer à l'apprenti sorcier dans ces domaines en perturbant effet de serre et trou d'ozone de façon irréfléchie.

LA COMPLEXITÉ DU PROBLÈME

Ces faits sont incontournables. Les scientifiques discutent de l'effet de serre et de son intensification depuis plus de vingt ans et les résultats n'ont guère changé. Les modèles nous permettent de calculer que si l'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre continue, il y aura réchauffement. On peut discuter de la validité des modèles, mais personne n'a pu construire un modèle fondé

L'EFFET DE SERRE NATUREL ET SON INTENSIFICATION

Les satellites nous apprennent que la Terre reçoit du Soleil 340 Wm^{-2} d'énergie à courtes longueurs d'onde, mais que notre planète n'en utilise que 237, le reste étant renvoyé vers l'espace interplanétaire. Si l'atmosphère n'existait pas, l'équilibre entre cette énergie solaire absorbée par la surface et l'énergie infrarouge que cette dernière émettait en fonction de la loi du corps noir, conduirait à une température effective de – 18 °C, 33 °C en moins que la température actuelle de l'air en surface (cette dernière est effectivement de 15 °C en moyenne globale et annuelle.). Ces 33 °C de plus sont la manifestation de l'importance de l'atmosphère et représentent la puissance de l'effet de serre naturel. Ce dernier est en effet quantifié, pour une Terre réelle avec son atmosphère, par la différence entre ce que sa surface émet (390 Wm^{-2}) et ce que la Terre globalement restitue à l'espace dans l'infrarouge (237 Wm^{-2}). Cette différence (153 Wm^{-2}) représente le piégeage par l'atmosphère d'une partie (39 %) de l'énergie infrarouge émise par la surface. Il est dû à la présence de gaz qui absorbent de manière efficace l'infrarouge ; ces gaz, appelés gaz à effet de serre, sont par ordre d'importance : la vapeur d'eau, le gaz carbonique, le méthane, l'oxyde nitreux, l'ozone et les chlorofluorocarbures. Si ces derniers sont uniquement d'origine anthropique, les autres proviennent à la fois de sources naturelles et de sources liées aux activités humaines. De toute façon quelle que soit leur origine, l'accroissement de ces gaz dans l'atmosphère renforce le piégeage et conduit à l'intensification de l'effet de serre naturel. Cette intensification directe est calculée pour les émissions anthropiques des 250 dernières années grâce à une connaissance détaillée des propriétés radiatives de ces gaz.

Si la vapeur d'eau est le principal de ces gaz à effet de serre, pourquoi en parle-t-on si peu dans le public ? En réalité, il y a tellement de molécules de vapeur d'eau dans l'air que les activités humaines, *via* l'irrigation intense ou la construction de super-barrages, ne parviennent pas à modifier la concentration de manière mesurable. L'effet direct de l'augmentation de la concentration en vapeur d'eau est donc négligé. Toutefois, cela n'est pas le cas si on considère l'effet indirect. Quelle qu'en soit la raison (par exemple, l'augmentation significative du CO_2 dans l'air), si la surface s'échauffe ne fut-ce que très peu, l'évaporation augmente, la surface du globe étant couverte à trois quarts d'océan. La concentration en vapeur d'eau, premier gaz à effet de serre, augmente significativement et ainsi renforce le réchauffement initial. Cette rétroaction liée à la vapeur d'eau est un processus qui est pris en compte dans tous les modèles et qui joue un rôle primordial dans le réchauffement final induit initialement par la seule augmentation de la concentration en gaz à effet de serre.

LE CLIMAT DES 100 DERNIÈRES ANNÉES

Au cours des 100 dernières années, la température moyenne du globe a augmenté de 0,5 à 1 °C, la fourchette représentant les incertitudes de mesures (source : Climatic Research Unit, University of East Anglia). Ce réchauffement global est du même ordre de grandeur que celui prévu par les modèles, lorsque seul l'accroissement observé des gaz à effet de serre au cours de la période industrielle est pris en compte. Toutefois, il est aussi du même ordre de grandeur que la variabilité naturelle du climat à l'échelle du siècle. Depuis le dernier interglaciaire, il y a quelque 6 000 ans, le climat n'a, en effet, pas cessé de fluctuer avec une amplitude moyenne de 1 °C environ à l'échelle de quelques siècles. C'est ainsi que le climat chaud du Moyen Âge a permis aux Vikings de traverser l'Atlantique Nord sans être gênés par une dérive excessive d'icebergs pour s'établir au Groenland. Cette période fut suivie du Petit Âge Glaciaire entre le XVIe et le XIXe siècle. La récession des grands glaciers, en particulier de Norvège, d'Islande, de France (le glacier d'Argentière, par exemple), de Suisse et d'Autriche depuis la fin du XIXe siècle marque le début du réchauffement qui caractérise le XXe siècle.

Il est certain que ce réchauffement n'est pas uniforme sur Terre, ni constant dans le temps. Certaines régions se réchauffent plus, d'autres moins, voire se refroidissent, une complexité qui n'est que l'image de celle du comportement du système climatique lui-même. De plus, la figure c montre clairement un refroidissement dans les années 1945 à 1955 et 1960 à 1975. Ce dernier est suivi d'un réchauffement important au cours de la décennie 1980-90, les records absolus ayant été battus coup sur coup, l'année 1990 étant la plus chaude depuis que l'on possède des observations météorologiques.

En plus des gaz à effet de serre, il faut bien sûr considérer d'autres facteurs de perturbation, telles que les poussières qu'elles soient d'origine naturelle (volcanique, par exemple) ou anthropique (industrielle, en particulier). La fiabilité des modèles utilisés pour le calcul du climat a d'ailleurs pu être testée en relation avec l'effet de ces poussières et ce, suite à l'éruption du Mt Pinatubo en 1991 aux Philippines. Le refroidissement de quelques dixièmes de degré observé fin 1991 et en 1992 a été correctement prévu par ces modèles quelques mois après l'éruption. Cet effet refroidissant des poussières commence à être de mieux en mieux compris. Une des raisons pour lesquelles le réchauffement qui devrait résulter des émissions des gaz à effet de serre qui se poursuivent depuis le XIXe siècle n'a pas encore pu être extrait du bruit de la variabilité naturelle est peut-être précisément dû au refroidissement qu'imposeraient les poussières émises par les activités humaines conjointement aux émissions de gaz à effet de serre.

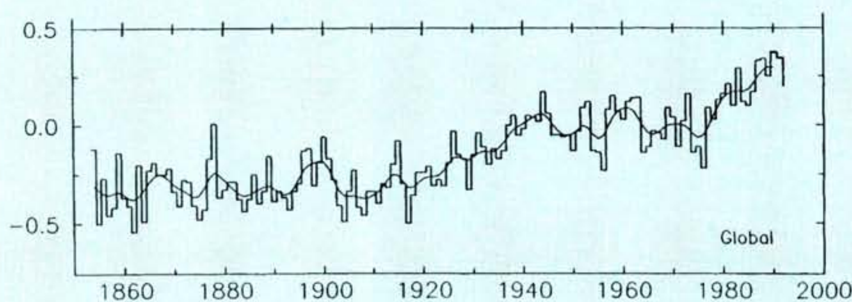


Figure c : **Variations de la température moyenne de l'air à la surface de la Terre depuis 1850 jusque 1992. Les valeurs sont déterminées par rapport à la moyenne calculée sur la période 1950-1979.**

sur les meilleures connaissances actuelles, qui ne conduise pas à un réchauffement suite à un accroissement de gaz carbonique.

Certes, nous ne connaissons pas précisément l'amplitude de ce réchauffement dans l'avenir, car cela dépendra du mode de vie futur des peuples, de l'évolution démographique et de la réponse de l'océan en particulier. La lenteur des réactions de l'océan et les effets refroidissants des poussières, qu'elles soient d'origine volcanique ou anthropique, nous empêchent encore pour l'instant de déceler sans équivoque l'effet des activités humaines sur le climat au sein de sa variabilité naturelle (encadré 3).

LE DÉFI À RELEVER

Cela ne veut pas dire que cet impact humain n'existe pas et que nous n'avons pas de souci à nous faire. Bien au contraire, s'il n'y a aucune raison de paniquer, nous les avons toutes de réfléchir et d'agir : la prise de conscience et l'identification du danger vainquent la peur et sont les premiers pas indispensables vers une lutte rationnelle qui peut conduire à une solution acceptable par une large majorité des peuples. Plutôt que de se voiler la face devant les évidences quotidiennes de la détérioration de notre environnement, chacun de nous, en particulier dans les pays industrialisés d'où l'exemple devrait venir, doit reconnaître la part de responsabilité qu'il prend, jour après jour, dans la pollution globale.

Cette prise de conscience ne peut se réaliser que par une éducation appropriée de toute la population à l'environnement et au climat, pour que chacun puisse juger de l'importance des problèmes et prendre conscience des responsabilités à la fois individuelle et collective. Pour cela il faut former des maîtres dès à présent, de façon à garantir un enseignement approfondi et de qualité à tous les niveaux et ce, dès le plus jeune âge. La création de cet enseignement, qui doit conduire à une éthique de l'environnement, devrait immédiatement être prise en charge par l'université, ce qui requiert une information solide basée sur une recherche de qualité.

Contrairement à ce que certains prétendent, le message des scientifiques ne se veut ni angoissant ni pessimiste. Mais il n'a pas non plus pour but d'apaiser à tout prix. Il se veut scientifiquement objectif, se base avant tout sur un principe de précaution et préconise des politiques d'actions "sans regret" : la lutte contre le gaspillage énergétique par une utilisation rationnelle et plus efficace de l'énergie et contre le déboisement intensif des forêts, est de toute façon bénéfique, car elle permet de préserver nos ressources naturelles et ainsi d'assurer un développement durable quelle que soit l'issue finale du problème lié à l'effet de serre.

Le risque de déséquilibre, transitoire au mieux, que le développement industriel et économique de la seconde moitié du XX^e siècle fait courir aux générations futures, a atteint, de l'avis des spécialistes, un seuil dont la gravité exige que tous les phénomènes puissent être étudiés avec beaucoup plus de moyens et d'attention. C'est à cette seule condition que la qualité des prévisions de l'état futur du monde pourra s'améliorer rapidement et aider ainsi à la conception d'un développement en harmonie avec notre cadre de vie. Une concertation organisée entre les différentes disciplines concernées – d'une part, les climatologistes, les océanographes, les biologistes et les agronomes, et d'autre part, les sociologues, les économistes et les hommes politiques chargés de la planification du développement – s'avère donc urgente et indispensable.

Plus préoccupés d'un bien-être immédiatement disponible, nous avons ignoré jusqu'ici l'approche synthétique de l'impact de nos multiples activités. Il est temps à présent d'envisager notre action globale dans un système à l'échelle de la Terre. Nous devrions être soucieux de mettre en place une médecine préventive de la géosphère, avant que ne s'impose la médecine curative traditionnellement usitée pour la santé. C'est à nous de choisir, à moins que nous ne préférions attendre, avec tous les risques que cela comporte, que la Nature décide pour nous. ■

1. **Pour plus d'information :** *Le Climat de la Terre, un passé pour quel avenir ?* **A. Berger, Éditions De Boeck Université, Bruxelles, 1992.**